

REVISAO DE LITERATURA SOBRE A PRESENÇA DE ETINILESTRADIOL E CAFEÍNA NA ÁGUA POTÁVEL E SEUS EFEITOS SOBRE O ORGANISMO HUMANO

Ellen Martini, Mariana Larissa Dallmann Barboza, Muriel Hamilton Depin, Fernanda Alquini¹, Ana Flávia Paszcuk Oenning

Centro Universitário Católica de Santa Catarina – Campus Joinville

58

A presença de micropoluentes na água pode causar danos à saúde humana e de animais. Dentre esses, encontram-se os desreguladores endócrinos (DEs), os quais exercem seus efeitos em concentrações de cerca de micrograma por litro ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e, devido a isto, mesmo que parte desses compostos seja retirada pelos métodos de tratamento de água convencional, eles ainda possuem efeito sobre o corpo humano ou de animais. O estrogênio sintético 17 α -etinilestradiol, o qual é utilizado largamente nas pílulas anticoncepcionais, é considerado um DEs. Estudos demonstram que o mesmo pode causar anomalias no sistema reprodutivo, tais como a redução na produção de espermatozoides, infertilidade, puberdade precoce, além do aumento da incidência de câncer de mama, testículo e de próstata. Apesar de já ter sido detectada em água potável, a cafeína não se caracteriza como uma grande preocupação ambiental, pois, sendo uma substância biodegradável, ela se decompõe em compostos orgânicos não prejudiciais que não se acumulam nem na água, nem no organismo humano. Estudos demonstram que a ocorrência de cafeína na água para consumo humano reflete a qualidade da água bruta do manancial e a ineficiência dos processos operantes nas estações de tratamento de água, sugerindo que outras substâncias químicas e/ou microrganismos patogênicos possam estar presentes na água. Sabendo-se que os DEs podem causar alterações na saúde animal, atualmente há um grande interesse no desenvolvimento de metodologias de estudo e novas tecnologias capazes de detectar e remover os DEs dos ambientes aquáticos.

Palavras chave: micropoluentes; desreguladores endócrinos; 17 α -etinilestradiol; cafeína.

REVIEW OF LITERATURE ON THE PRESENCE OF ETHINYL ESTRADIOL AND CAFFEINE IN POTABLE WATER AND ITS EFFECT ON THE HUMAN ORGANISM

The presence of micropollutants in water can cause damage to human health and animals. Among these are endocrine disrupters (EDs), which exert their effects at concentrations of about microgram per litre ($\mu\text{g/L}$) and, due to this, even though part of these compounds are removed by conventional water treatment methods they still have effect on the human body or animals. The synthetic estrogen 17 α -ethinyl estradiol, which is used widely in birth control pills, is considered an ED. Studies show that it may cause abnormalities in the reproductive system, such as the reduction in sperm production, infertility, precocious puberty, in addition to increased incidence of cancer of the breast, prostate and testicle. Despite having already been

¹ e-mail: alquini@gmail.com

detected in drinking water, the caffeine is characterized not as a major environmental concern, because, being a biodegradable substance, she breaks down into organic compounds harmful not accumulate or water and even in the human body. Studies show that the occurrence of caffeine in water for human consumption reflects the quality of the raw water source and the inefficiency of the processes involved in water treatment plants, suggesting that other chemicals and/or pathogenic organisms may be present in the water. Knowing that the DEs may cause changes in animal health. Currently there is a great interest in the development of methodologies and study new technologies capable of detecting and removing the DEs of the aquatic environments.

Keywords: micropollutants; endocrine disrupters; 17 α -ethinyl estradiol; caffeine.

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, um recurso fundamental para a sobrevivência do homem e para o equilíbrio de todos os ecossistemas do planeta. Menos de 1% da água doce da Terra está presente nos rios, sendo essas as principais fontes de água disponível para consumo humano (FERNANDES et al., 2011). Tendo visto que grande parte dessa água está presente nos centros urbanos, o estilo de vida e as atividades dos seres humanos tem propiciado uma redução na sua qualidade (SCHIAVINI et al., 2011). Devido a grande quantidade de poluentes despejados no solo e nos rios por diferentes fontes, tais como a agricultura, indústrias químicas, siderúrgicas e até mesmo despejos domésticos, as estações de tratamento de água não tem conseguido remover totalmente muitas substâncias químicas com o tratamento convencional de água. Uma vez que essas substâncias químicas continuam presentes na água, pequenas concentrações de muitas delas podem ser encontradas na água potável distribuída à população. Dependendo da substância, a ingestão contínua, mesmo em pequenas quantidades, poderá acarretar problemas futuros.

A água pode conter produtos os quais possuem em suas formulações compostos que não são degradados inteiramente, chamados de micropoluentes, e que mesmo em concentrações muito baixas podem causar danos ao meio ambiente ou à saúde humana e animal. Dentre esses micropoluentes, encontram-se desreguladores endócrinos (DEs) e poluentes orgânicos persistentes, que constituem as classes de substâncias micropoluentes mais investigadas devido aos seus efeitos sobre o meio ambiente (BILA & DEZOTTI, 2007). Os DEs são definidos como os compostos que mimetizam ou bloqueiam a ação dos hormônios naturais. Podem interferir no funcionamento do sistema endócrino de três maneiras: imitando a ação de um hormônio produzido naturalmente pelo organismo (processo mimetizador); bloqueando os receptores e, dessa forma, impedindo a ação dos hormônios naturais (processo antagonista); ou afetando a síntese, o transporte, o metabolismo e a excreção dos hormônios, alterando as concentrações dos hormônios naturais (LINTELMANN et al., 2003; MORAES et al., 2008). Mesmo estando presentes no meio ambiente em concentrações na ordem de micrograma por litro ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e nanograma por litro (ng.L^{-1}) as substâncias DEs tem demonstrado efeitos sobre os humanos e em outros animais, especialmente aquáticos, tais como um aumento de problemas endócrinos, reprodutivos e, até mesmo, diferentes tipos de câncer (BILA & DEZOTTI, 2007, GHISELLI & JARDIM, 2007; GIROTTO et al., 2007; MORAES et al., 2008).

Muitas substâncias possuem a capacidade de afetar o sistema endócrino, sendo elas substâncias sintéticas (alquilfenóis, pesticidas, ftalatos, bisfenol A e substâncias farmacêuticas) e substâncias naturais (estrogênios naturais e fitoestrogênios) (BILA & DEZOTTI, 2007). São vários os hormônios sexuais, porém os estrógenos são os mais preocupantes devido a sua

potência e a quantidade contínua introduzida no ambiente. Os estrógenos naturais 17β -estradiol, estriol, estrona e o sintético 17α -etinilestradiol (17α -EE2) são utilizados terapeuticamente como métodos contraceptivos, para terapias de reposição hormonal, distúrbios fisiológicos e no tratamento de algumas doenças progressivas, como o câncer de mama (RODRIGUEZ-PINILLA & WEBER-SCHONDORFER, 2007).

Além dos estrógenos, há outras substâncias presentes em fármacos e produtos alimentícios que são encontrados geralmente em baixa quantidade na água. Uma dessas substâncias é a cafeína, presente em grande quantidade em alimentos como café, guaraná, refrigerantes de cola, cacau ou chocolate, chás e também nos remédios do tipo analgésico, antigripais e inibidores de apetite. A cafeína é um alcalóide derivado de planta que contém em sua fórmula basicamente nitrogênio, oxigênio, hidrogênio e carbono. A cafeína não é considerada um interferente endócrino, pois seus efeitos ocorrem mais a nível central e não interferem nas glândulas endócrinas. Os principais efeitos fisiológicos da atuação da cafeína no organismo humano são o efeito estimulante, o efeito diurético e a dependência química, sendo que o seu consumo em excesso pode causar sintomas desagradáveis, tais como irritabilidade, dores de cabeça e insônia (GRAHAM et al., 1978; ALTERMANN et al., 2008).

Dessa forma, a falta de um controle sobre a qualidade da água captada nos mananciais para o abastecimento público no Brasil, consente que estes micropoluentes persistam no tratamento convencional da água potável nas estações de tratamento. Frente a isso, o presente artigo tem como principal objetivo investigar a problemática atual envolvendo a presença dos micropoluentes etinilestradiol e cafeína na água potável, bem como fornecer informações sobre seus mecanismos de ação no organismo humano e os prejuízos que acarretam nos organismos vivos através de uma revisão de literatura sobre os tipos de tratamentos existentes, tecnologias de detecção e eliminação dos micropoluentes, causas e efeitos no organismo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Tratamento de água e micropoluentes

A água doce é um recurso natural finito, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento da população, acarretando em maior consumo, e à ausência de políticas públicas voltadas para a sua preservação. O consumo da água sem controle tem propiciado um grande desperdício desse recurso natural, seja na utilização para as necessidades humanas diárias, seja para seu uso nas atividades econômicas. As águas superficiais e de subsolo, principais fontes de água potável para a população, podem ser contaminadas pela infiltração de substâncias químicas através do solo, tanto provenientes da agricultura quanto em áreas urbanas, ou pelo descarte de efluentes sem um tratamento adequado e específico. Em todas as atividades utilizando água exige-se que a mesma não contenha produtos químicos tóxicos, os quais podem ser prejudiciais para a vida aquática ou silvestre (ABNT. NBR 12216, 1992).

Desde a década de 1970, pesquisadores atentaram para presença de contaminantes medicamentosos em ambientes aquáticos. Pesquisas realizadas em diferentes regiões do mundo comprovam a presença de micropoluentes em rios, o que denota que efluentes domésticos não estão sendo tratados corretamente ou que a eficácia do tratamento utilizado não é adequada (GIROTTTO et al., 2007). Sabe-se que mais de 100.000 substâncias químicas com aplicações domésticas, industriais e agrícolas acabam por contaminar o meio ambiente (SANTOS, 2011). Essa preocupação quanto à preservação de ecossistemas e com o risco de contaminação do

abastecimento público de água potável incentiva estudos com a finalidade de quantificar e qualificar esses micropoluentes buscando tratamentos eficazes na sua remoção.

As tecnologias aplicadas no tratamento da água variam dependendo do tipo de água, sendo que quanto mais comprometida e vulnerável à poluição pontual (lançamento de esgotos municipais, industriais e atividades agrícolas) maior é a necessidade de um tratamento mais complexo e de maior custo. O tratamento do esgoto e da água é realizado em estações de tratamento e consiste na remoção física, química ou biológica dos poluentes e microrganismos de forma a atender aos padrões de saúde e qualidade ambiental definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. O método utilizado irá depender das características físicas, químicas e biológicas dos materiais presentes nas amostras.

Geralmente o sistema de tratamento de água e esgoto realizado nas estações de tratamento prevê a remoção de partículas grosseiras e finas em suspensão presente na água bruta através de várias etapas que envolvem o procedimento de floculação, decantação e filtração, antes de passar pelos processos de correção do pH, desinfecção (cloração) e fluoretação (SAAE, 2012). O tratamento convencional da água e esgoto por meio de processos físicos, tais como floculação, decantação e filtração não são eficientes na remoção de micropoluentes endógenos, pois os mesmos permitem a transferência do contaminante sem degradá-lo. No entanto, a natureza química da substância também pode influenciar na sua remoção dos efluentes. Compostos pouco polares tendem a flocular e decantar, permanecendo ligados ao lodo no fundo dos tanques de decantação. Por outro lado, os compostos polares tendem a permanecer diluídos na água e, se não forem removidos em processos subsequentes, serão distribuídos juntamente com a água à população (MELO et al., 2009). A pesquisa realizada por Santos (2011) demonstrou que o tratamento de água convencional não foi capaz de remover o 17 α -EE2, sendo que as concentrações encontradas na água tratada não diferenciaram significativamente dos valores encontrados na água bruta.

No entanto, alguns processos biológicos de tratamento em estações de tratamento de esgoto (ETEs), tais como lodos ativados e filtros biológicos, têm demonstrado capacidade de reduzir a concentração de certos DEs por biodegradação ou adsorção no lodo. Termes et al. (1999) demonstram uma remoção de 64 e 78% do estrogênio contraceptivo 17 α -EE2 através do monitoramento de estrogênios naturais e do contraceptivo sintético 17 α -etinilestradiol nos tratamentos por filtro biológico e no sistema de lodos ativados na ETE da Penha/RJ. Uma avaliação feita por Baronti et al. (2000), em seis ETEs ao redor da cidade de Roma demonstrou uma média de remoção de 95% de 17 α -EE2 em processos de tratamento de lodos ativados. Em outro estudo, utilizando filtros biológicos de manganês, os pesquisadores alcançaram a remoção de 81,7% de atividade estrogênica de 17 α -EE2 em solução aquosa (BILA & DEZOTTI, 2007).

Tecnologias de tratamentos que podem eficientemente remover esses poluentes têm sido bastante investigadas, não só no quesito eliminação, mas também a destruição do seu efeito potencial, uma vez que normalmente esses desreguladores resistem à degradação química e biológica, e, conseqüentemente, acumulam-se no meio ambiente. Sendo assim, mesmo que uma parte dos DEs seja removida por meio dos tratamentos de lodo ativado e filtros biológicos, deve-se levar em consideração que as ações dos DEs são observadas em concentrações muito pequenas, em ordem de microgramas por litro ($\mu\text{g.L}^{-1}$) ou nanograma por litro (ng.L^{-1}) (BILA & DEZOTTI, 2007; GIROTTO et al., 2007). Desta forma, praticamente todos os organismos vivos estão expostos, seja direta ou indiretamente, a essas substâncias (SANTOS, 2011).

2.2 Etinilestradiol

Considerando o papel crítico dos hormônios em muitos tecidos, o desenvolvimento do organismo é particularmente vulnerável a exposição a substâncias com atividade hormonal ou anti-hormonal. Várias classes de substâncias químicas, como praguicidas, plastificantes, surfactantes, organometálicos, hidrocarbonetos poliaromáticos halogenados, fitoestrógenos podem ser classificados como DEs. Dentre os micropoluentes que são totalmente removidos dos efluentes encontram-se os vários hormônios sexuais, sendo os estrógenos mais preocupantes devido a sua potência e a quantidade introduzida no ambiente. Como os hormônios são os principais responsáveis pelo crescimento e pela reprodução de espécies animais, seus derivados sintéticos são bastante empregados como contraceptivos, mas também utilizados no controle dos sintomas que envolvem a menopausa, distúrbios fisiológicos e no tratamento do câncer de próstata e de mama (FERREIRA, 2008; GHISELLI, 2006; GHISELLI & JARDIM, 2007; CAETANO, 2012).

O etinilestradiol, também denominado 17α -etinilestradiol (17α -EE2), é a forma sintética do hormônio sexual feminino estrogênio. Após a sua ingestão, calcula-se que praticamente 43% da dose de 23 μ g de 17α -EE2 ingerida sejam metabolizados no organismo e que o restante (57%) seja excretado pela urina e pelas fezes em sua forma original (30%) ou como conjugados de 17α -EE2 (27%). Na forma conjugada, cerca de 70% estão na forma inativa de glicuronídeos, os quais podem sofrer ação das bactérias presentes no esgoto e liberar novamente o composto 17α -EE2 de seus conjugados na água fluvial (SANTOS, 2011).

Em estações de tratamento de esgoto da Alemanha, Inglaterra, Holanda e Estados Unidos, as concentrações médias de 17α -EE2 em efluentes domésticos esteve na faixa de 1 a 3 ng/L aproximadamente ou abaixo do limite de detecção. Ao contrário, um estudo realizado no Brasil por Gerolin (2008) demonstrou a ocorrência do 17α -EE2 em amostras de águas tratadas, alcançando a concentração de 275ng/L, um valor acima dos outros DEs analisados. Outros estudos em água de superfície mostram diferentes concentrações, tais como: 73 ng/L (KOLPIN et al., 2002 *apud* GEROLIN, 2008), 15 ng/L (TERMES et al., 1999) e 1,2 a 1,7 μ g/L (GHISELLE, 2006). Esses resultados indicam que mesmo após o tratamento do esgoto ou da água em estações de tratamento, esses compostos esteróides ainda continuam em concentrações significativas na água distribuída a população.

A exposição cumulativa de DEs com efeito estrogênico é bem documentada tanto em animais de experimentação quanto silvestres. Deve-se levar em consideração que os primeiros estágios de vida, o desenvolvimento dos órgãos sexuais é controlado por hormônios sexuais. Portanto, quando a desregulação endócrina ocorre durante os estágios iniciais de desenvolvimento, pode resultar em defeitos permanentes ou disfunção dos órgãos sexuais. Estudos demonstram que a presença do 17α -EE2 em ambientes aquáticos resulta na feminização de peixes machos (ANKLEY et al., 2007; TORRES, 2009). Essa feminização é observada através da produção de vitelogenina por peixes machos de forma semelhante à produção por fêmeas, os quais em condições normais não a produzem (CLEMENS, 1974; SCHIAVINI et al., 2011). Estudos adicionais também demonstram que concentrações em torno de 0,1 ng/L de 17α -EE2 e de 10 ng/L de 17β -estradiol são capazes de induzir hermafroditismo em peixes (CHRISTIANSEN, 2002). Estes dados demonstram que doses muito baixas de 17α -EE2 já podem causar modificações, enquanto que outros estrogênios necessitam de doses efetivamente maiores para terem o mesmo efeito. Thorpe et al. (2003) demonstraram que pequenas concentrações de estrógenos são suficientes para causar danos reprodutivos em peixes-zebra juvenis, tal como a feminização do tubo reprodutivo quando expostos a 100 ng/L do composto 17β -estradiol por um período de 21 dias (THORPE et al., 2003).

Pesquisas ainda não conclusivas sugerem que o desenvolvimento de algumas doenças como câncer de mama, útero e próstata, redução de fertilidade masculina, aumento de incidência de ovários policísticos, e alterações na fertilidade e gravidez podem ser relacionados pela ingestão diária de pequenas doses dos DEs hormonais por meio da água potável, sendo o 17α -EE2 o mais potente (FERREIRA, 2008). Assim como a ocorrência de criptorquidia, hipospadia e câncer testicular são alterações comuns hoje em dia e com causa desconhecida e podem estar relacionados a fatores ambientais. Ademais, dados experimentais demonstram que esteroides sexuais têm importante papel na fisiologia de distúrbios testicular e uretral (GUIMARÃES, 2008).

A exposição de homens adultos a substâncias estrogênicas pode resultar em ginecomastia (crescimento das mamas) e interferência no funcionamento do sistema glandular associado ao hipotálamo-hipófise-gônadas, resultando em diminuição da libido, impotência, diminuição dos níveis de androgênios no sangue e diminuição na contagem de espermatozoides e, consequentemente, infertilidade (AUGER et al., 1995; WARING & HARRIS, 2005 *apud* FERREIRA, 2008). Sendo assim, existe uma teoria – fundamentada em alguns estudos realizados nas últimas duas décadas - que sugere que o 17α -EE2, juntamente com outros esteroides encontrados na água, poderiam ser a causa da diminuição pela metade da contagem média de espermatozoides nos últimos 60 anos em alguns países e o aumento da incidência de malformações do sistema reprodutivo masculino, como hipospadias. No entanto, esta não é uma afirmação, pois é necessário realizar muita pesquisa nesta área para que se chegue há uma conclusão definitiva (WARING & HARRIS, 2005 *apud* FERREIRA, 2008).

São poucos os estudos se propõem a detectar o 17α -EE2 em matrizes aquosas pois estes estudos requerem ensaios analíticos avançados capazes de detectar uma faixa de concentração muito pequena desses compostos (ng/L e μ g/L). Nos últimos anos, várias técnicas têm sido desenvolvidas para analisar substâncias estrogênicas naturais e sintéticas na água, sendo as mais utilizadas a cromatografia gasosa ou a cromatografia líquida, seguida da espectrometria de massa (GEROLIN, 2008). Como esses compostos estão presentes em concentrações muito baixas e muitas vezes interagem com outras substâncias do ambiente, são necessárias várias etapas para a preparação da amostra, o que demanda muito tempo laboratorial (PESSOA et al., 2012).

Frente à interferência dos hormônios e substâncias químicas sobre o organismo humano faz-se necessária uma legislação que estabeleça padrões e níveis de controle para a concentração dessas substâncias na água potável distribuída para a população. Algumas portarias já foram decretadas com o intuito de estabelecer os parâmetros de água para fins de consumo humano, tal como a portaria nº518/2004 (FUNASA, 2004). Além disso, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece os níveis aceitáveis de micropoluentes orgânicos e inorgânicos, além de classificar corpos hídricos dentro do padrão para o lançamento de efluentes nas águas fluviais (CONAMA 357, 2005). Contudo, estas portarias devem ser revistas e atualizadas, se necessário, de tempos em tempos.

2.3 Cafeína

A cafeína é uma substância alcaloide considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma droga estimulante do sistema nervoso central - SNC, a qual tem a capacidade de modificar uma ou várias funções do organismo humano. Devido ao seu efeito de combater a fadiga física e aumentar o estado de alerta, a cafeína é a substância mais consumida por adultos no mundo, podendo ser encontrada em inúmeros produtos alimentícios e bebidas (GUERRA et

al., 2000; TAVARES & SAKATA, 2012). A cafeína é um composto solúvel em água e rapidamente absorvida no trato gastrointestinal (60 minutos). Sua metabolização ocorre no fígado, sendo seus metabólitos paraxantina (85%), teobromina (10%) e teofilina (5%) eliminados pelo organismo através da urina, e não acumulando no corpo (BRENELLI, 2003; ALTIMARI et al., 2006; TAVARES & SAKATA, 2012).

Apesar de já ter sido detectada em água potável, a cafeína não se caracteriza como uma grande preocupação ambiental graças ao seu processo de degradação, pois, sendo uma substância biodegradável e devido a sua formulação, ela se degrada em compostos orgânicos não prejudiciais e não se acumulam com o tempo nem na água e nem no organismo humano. Desta maneira, sua presença em pequenas quantidades em efluentes domésticos não coloca a saúde humana em risco.

Ademais, a cafeína funciona como um potencial marcador químico para as águas residuais domésticas, pois o homem é a única espécie que a consome, utiliza e a excreta de uma forma regular. Ela tem sido detectada nas águas residuais, águas de superfície e águas do solo em todo o mundo (SOARES & FONSECA, 2004). A ocorrência de cafeína na água para consumo humano reflete a qualidade da água bruta do manancial e a ineficiência dos processos operantes nas estações de tratamento de água. Apesar de não ser tóxica, sua presença em água para consumo humano sugere que outras substâncias químicas e/ou microrganismos patogênicos nocivos à saúde humana possam estar presentes (TUBBS et al., 2004).

Buerge et al. (2003) estudaram a cafeína como um marcador humano nas águas residuais e a contaminação das águas superficiais. As concentrações de cafeína nos afluentes e efluentes das estações de tratamento de águas residuais da Suíça foram de 7-73 µg/L e de 0,03-9,5 µg/L, respectivamente, demonstrando uma eliminação eficiente da cafeína de 81-99%, devido a ação de microrganismos (BUERGE et al., 2003 *apud* SOARES & FONSECA, 2004). Outro estudo, desenvolvido por Tubbs et al. (2004) demonstrou a mistura das águas subterrâneas com águas derivadas de esgoto doméstico devido a presença da cafeína em amostras de poços tubulares rasos contendo também concentrações variadas de nitrato e/ou bactérias. Jardim & Canela (2012) relatam que a cafeína, substância intensamente consumida no mundo todo, é encontrada no esgoto humano, no entanto, embora não existam estudos que comprovem seu malefício à saúde, sua presença na água indica a existência de outros contaminantes endócrinos.

Sendo assim, diz-se que a cafeína é um problema ambiental quantitativo e não qualitativo, pois sua presença em pequenas quantidades em efluentes domésticos não coloca a saúde humana em risco devido ao seu alto grau de biodegradabilidade. A detecção da cafeína na água de 15 capitais brasileiras (JARDIM & CANELA, 2012) evidencia que esta substância é um contaminante emergente onipresente, sendo que seu uso como indicador poluente poderá até mesmo permitir o monitoramento de outros contaminantes de origem similar, tais como fármacos, produtos de higiene pessoal e hormônios em amostras ambientais. Portanto, a presença de cafeína em efluentes de estações de tratamento de esgoto e em águas superficiais é um forte indício de ocupação urbana e falta de eficiência dos tratamentos de esgoto e água.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O número de substâncias que possuem ação como DEs é significativa. Sabe-se que o hormônio sintético 17 α -etinilestradiol (17 α -EE2) é um composto que não se degrada facilmente, sendo assim, grandes concentrações do mesmo são encontrados em corpos de água. Infelizmente, ainda não existem métodos eficazes para sua remoção completa nas estações de tratamento de

água no Brasil, sendo que a acumulação deste nos organismos ainda é um fator de risco, principalmente para o ser humano.

Diante dos estudos que comprovam a presença de micropoluentes em matrizes aquosas, fica claro que é possível que exista a contaminação por DEs e outras substâncias químicas no esgoto bruto, nos efluentes de ETEs, nos corpos d'água e na água tratada, em diferentes concentrações. Sendo assim, os animais podem ser contaminados pelos mesmos ao ingerirem, inalarem ou tiverem contato pela pele com água que contenha substâncias químicas desreguladoras, as quais são absorvidas pela corrente sanguínea. Ao pensar de uma forma mais ampla, na transferência energética através da cadeia alimentar, esses micropoluentes serão passados dos menores produtores aos maiores predadores e, conseqüentemente, haverá o acúmulo dessas substâncias no organismo acarretando problemas para o mesmo ou para as gerações futuras.

Desta maneira, vê-se a necessidade de maior pesquisa sobre os efeitos destes compostos no organismo do ser humano e de outros animais, bem como uma maior preocupação sobre a regulamentação e fiscalização por parte dos órgãos responsáveis por controlar a presença destes compostos nos efluentes domésticos e na água distribuída a população. Sendo assim, sugere-se ainda a continuidade de pesquisas que visam à proposição de alternativas de tratamentos de água, baseados nas metodologias já existentes, porém mais eficientes, mais tecnológicas e de baixo custo, que possa ser implementada nas estações de tratamento de água atuais como um avanço ao tratamento já existente.

4 REFERÊNCIAS

ALTERMANN, Alessandra Morin; DIAS, Cristina Silveira; LUIZ, Monique Varriale; NAVARRO, Francisco. **A influência da cafeína como recurso ergogênico no exercício físico: sua ação e efeitos colaterais.** Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, São Paulo v. 2, n. 10, p. 225-239, 2008.

ALTIMARI, Leandro Ricardo; MORAES, Antonio Carlos; TIRAPEGUI, Júlio; MOREAU, Regina Lúcia Moraes. **Cafeína e performance em exercícios anaeróbios.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 17-27, jan./mar. 2006.

ANKLEY, Gerald T.; BROOKS, B.W.; HUGGETT, D.B.; SUMPTER, J.P. **Repeating History: pharmaceuticals in the environment.** Environmental Science & Technology, Easton, v. 15, N.24, p. 8211-8217, 2007.

ABNT. **NBR 12216:** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 2002. 18p.

AUGER, Jacques; KUNSTMANN, Jean Marie; CZYGLIK, Françoise; JOUANNET, Pierre. **Decline in semen quality among fertile men in Paris during the past 20 years.** The New England Journal of Medicine. Paris, v. 332, p. 281-285, 1995.

BARONTI, Chiara; CURINI, Roberta; D'ASCENZO, Guiseppe; CORCIA, Antonio; DI GENTILI, Alessandra; SAMPERI, Roberto. **Monitoring natural and synthetic estrogens at activated sludge sewage treatment plants and in a receiving river water.** Environmental Science & Technology, v. 34, n. 24, p. 5059-5066, 2000.

BILA, Daniela Maia; DEZOTTI, Marcia. **Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências.** Revista Química Nova, Niterói, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.

BRENELLI, Eugênia Cristina Souza. **A extração de cafeína em bebidas estimulantes: uma nova abordagem para um experimento clássico em química orgânica.** Revista Química Nova, Niterói, v. 26, n. 1, p. 136-138, 2003.

BUERGE, Ignaz J.; POIGER, Thomas; MULLER, Markus D.; BUSER, Hans-Rudolf. **Caffeine, an anthropogenic marker for wastewater contamination of surface waters.** Environmental Science Technology, v. 37, p. 691-700, 2003.

CAETANO, Norival. **BPR Guia de Remédios 2012.** 11ª Edição. SP: Escala, 2012. 898 pag.

CHRISTIANSEN, Lisette Bachmann. **Feminisation of fish the effect of estrogenic compounds and their fate in sewage treatment plants and nature.** Danish Environmental Protection Agency, 184 p, 2002.

CLEMENS, Michael J. **The regulation of egg yolk protein synthesis by steroid hormones. Progress in biophysics and biophysical chemistry.** v. 28, p. 69-108, 1974.

CONAMA 357, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 18 novembro, 2012.

FERNANDES, Andreia N.; GIOVANELA, Marcelo; ALMEIDA, Carlos A.P.; ESTEVES, Valdemar I.; SIERRA, Maria M.D.; GRASS, Marco T. **Remoção dos hormônios 17 β -estradiol e 17 α -etinilestradiol de soluções aquosas empregando turfa decomposta como material adsorvente.** Revista Química Nova, Niterói, v. 34, n. 9, p. 1526-1533, 2011.

FERREIRA, Milena Guedes Maniero. **Remoção da atividade estrogênica de 17 β -estradiol e de 17 α -etinilestradiol pelos processos de ozonização e O₃/H₂O₂.** 192 f. Tese de Doutorado em Ciências - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

FUNASA, 2004. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/eng_analAgua.pdf>. Acesso em 24 de outubro de 2013.

GEROLIN, Eleonilce Rosa Rossi. **Ocorrência e remoção de disruptores endócrinos em águas utilizadas para abastecimento público de Campinas e Sumaré - São Paulo.** 190 f. Tese de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

GHISELLI, Gislaine; JARDIM, Wilson F. **Interferentes endócrinos no ambiente.** Revista Química Nova, Niterói, v. 30, n. 3, p. 695-706, 2007-

GHISELLI, Gislaine. **Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal.** 190 f. Tese de Doutorado do programa de pós-graduação em ciências na área de química analítica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GIROTTI, G.; NOGUEIRA, K.L.; MOURA, J.A.; SOUZA, J. B.; GIACOMETTI, L.L.; MARCHI, M.R.R.; TOGNOLLI, J.O. **Estrógenos em água: otimização da extração em fase**

sólida utilizando ferramentas quimiométricas. Eclética Química, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 61-67, 2007.

GUERRA, Ricardo Oliveira; BERNARDO, Gerlane Coelho; GUTIÉRREZ, Carmen Villaverde. **Cafeína e esporte.** Revista Brasileira de Medicina do Esporte, Niterói, v. 6, n. 2, p. 60-62, mar./abr. 2000.

GUIMARÃES, Tatiana Sant'Ana. **Deteção e quantificação dos hormônios sexuais 17 'beta'-estradiol (E2), estriol (E3), estrona (E1) e 17 'alfa'-etinilestradiol (EE2) em água de abastecimento: estudo de caso da cidade de São Carlos, com vistas ao saneamento ambiental.** 81f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento – USP, São Carlos, 2008.

GRAHAM, Doug M. **Caffeine - its identify, dietary sources, intake and biological effects.** Nutrition Review., 36,97, 1978.

JARDIM, Wilson F; CANELA, Maria C. **Cafeína na água para consumo humano.** In: VI Encontro nacional de Química Ambiental. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/ameaca-invisivel>> Acesso em 15 outubro de 2012.

KOLPIN, Dana W., FURLONG, Edward T., MEYER, Michael T., THURMAN, E. Michael, ZAUGG, Steven D., BARBER, Larry B., BUXTON, Herbert T. **Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S Streams, 1999 – 2000: A National Reconnaissance.** *Environmental Science & Technology*, vol. 36, n. 6, p. 1202 – 1211, 2002.

LINTELMANN, Jutta; KATAYAMA, Arata; KURIHARA, Norio; SHORE, Laurence; WENZEL, Andrea. **Endocrine disruptors in the environment (IUPAC Technical Report).** Pure Applied Chemistry v. 75, n. 5, p. 631–681, 2003.

MELO, Silene Alessandra Santos; TROVÓ, Alam Gustavo; BAUTITZ, Ivonete Rossi; NOGUEIRA, Raquel Fernandes Pupo. **Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados.** Revista Química Nova, Niterói, v. 32, n. 1, p. 188-197, 2009.

MORAES, Natália V., GRANDO, Marcella D.; VALERIO, Daniel A.R; OLIVEIRA, Danielle P. **Exposição ambiental a desreguladores endócrinos: alterações na homeostase dos hormônios esteroidais e tireoideanos.** Revista Brasileira de Toxicologia, v.21, nº1, p.1 – 8, 2008.

PESSOA, Germana Paiva; SANTOS, André Bezerra; SOUZA, Neyliane Costa; ALVES, Joana Angélica Correia. **Desenvolvimento de metodologia para avaliar remoção de estrogênios em estações de tratamento de esgotos.** Química Nova, v. 35, n. 5, 968-973, 2012.

RODRIGUEZ-PINILLA, Elvira.; WEBER-SCHONDORFER, Corinna. **Hormones - Drugs During Pregnancy and Lactation;** eds.; Elsevier: Londres, 2007, cap.2.

SAAE. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Aracruz, ES).** Disponível em: <<http://www.saaeara.com.br/>>. Acesso em 12 de novembro de 2012.

SANTOS, Eliane Prado Cunha Costa. **Remoção de etinilestradiol no tratamento de água para consumo humano: estudo em escala piloto.** 169 f. Tese de Pós-Graduação em Saneamento, Meio-Ambiente e Recursos Hídricos - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SCHIAVINI, Joyce Araújo; CARDOSO, Carlos Eduardo; RODRIGUES, William Costa. **Desreguladores Endócrinos no Meio Ambiente e o Uso de Potenciais Bioindicadores.** Revista Eletrônica TECCEN, Vassouras, v. 4, n. 3, p. 33-48, set./dez. 2011.

SOARES, Ana I.S.M; FONSECA, Bruno M.R. **Cafeína.** Dissertação - Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, 2004.

TAVARES, Cristiane; SAKATA, Rioko Kimiko. **Cafeína para o tratamento de dor.** Revista Brasileira de Anestesiologia. Campinas, v. 62, n. 3, p. 387-401, jun. 2012.

TERMES, Thomas A.; SUMPF, Marcus; HABERER, Klaus; WILKEN, R.D.; SERVOS, Mark. **Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants – I Investigations in Germany, Canada and Brazil.** The Science of the Total Environment, v. 225, p. 81-90, 1999.

THORPE, Karen L.; CUMMINGS, Rob I.; HUTCHINSON, Thomas H.; SCHOLZE, Martin; BRIGHTY, Geoff.; SUMPTER, John P. e TYLER, Charles R. **Relative potencies and combination effects of estrogens in fish.** Environmental Science & Technology. v. 37, n. 2, p.1142– 1149, 2003.

TORRES, Nádia Hortense. **Monitoração de resíduos dos hormônios 17 α -etinilestradiol, 17 β -estradiol e estriol em águas de abastecimento urbano da cidade de Piracicaba, SP.** 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

TUBBS, Décio; FREIRE, Ronald B.; YOSHINAGA, Sueli. **Utilização da cafeína como indicador de contaminação das águas subterrâneas por esgotos domésticos no bairro de Piranema - municípios de Seropédica e Itaguaí /RJ.** São Paulo: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2004.

Sobre os autores:

Ellen Martini, Mariana Larissa Dallmann Barboza e Muriel Hamilton Depin são acadêmicos do curso de Biomedicina do Centro Universitário Católica de Santa Catarina em Joinville.

Fernanda Alquini foi co-orientadora do artigo, é Doutoranda em Scienze della Terra pela Università degli Studio di Pisa (2013), mestre na área de Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (2008) e graduada em Ciências Biológicas - Bacharelado e Licenciatura pela Universidade da Região de Joinville (2004). Trabalhou como consultora ambiental de 2006 - 2012. Atuou como docente no Centro Universitário Católica de Santa Catarina - Campus de Jaraguá do Sul e Joinville de 2010 - 2013, com temas relacionados a gestão ambiental, ambientalismo, responsabilidade socioambiental, biologia celular e bioquímica celular. Atualmente é bolsista de doutorado pleno pelo Programa Ciência sem Fronteiras da CAPES. Interesse profissional nas áreas: desastres naturais, zona costeira, gestão ambiental e manejo de áreas degradadas.

Ana Flávia Paszcuk Oenning foi orientadora do artigo, é formada em Ciências Biológicas, com Mestrado e Doutorado em Farmacologia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011). Tem experiência na área de Farmacologia Geral, com ênfase em Farmacologia da Dor e Inflamação. Em 2012 e 2013 atuou como professora das disciplinas de Anatomia, Embriologia e Fisiologia para os cursos de Biomedicina e Nutrição, no Centro Universitário Católica de Santa Catarina em Joinville.